

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-257704

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl.

H04L 12/46

H04L 12/28

H04L 12/24

H04L 12/26

H04L 12/56

(21)Application number : 2000-067073

(71)Applicant : ANRITSU CORP

(22)Date of filing : 10.03.2000

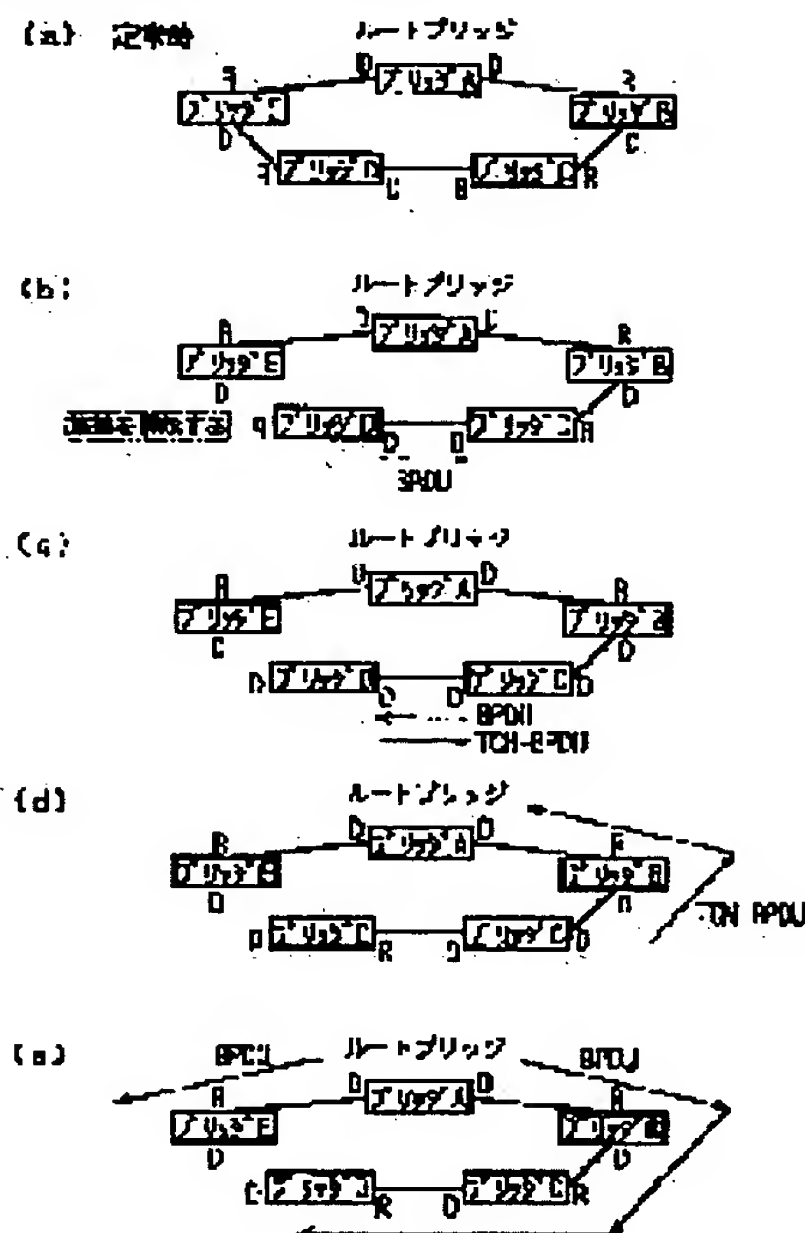
(72)Inventor : ISHII MASA HARU

## (54) BRIDGE FOR SPANNING TREE AND PATH REVISION METHOD USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quicken restoration from interruption of communication by instantaneously coping with it when revision of a communication path takes place.

SOLUTION: A bridge D detecting link-down of a root port takes a role of a root bridge and transmits Bridge Protocol Data Units(BPDU) whose root ID is revised into its own MAC address to a bridge C. Upon the receipt of BPDU having root bridge information inferior to its own root bridge information from the bridge D, the bridge C takes a role of the root bridge, transmits its own BPDU so as to allow a closed port B to immediately transit to a forwarding state. The bridge D receives BPDU superior to its own BPDU from the bridge C and stops a role of the root bridge and transmits TCN-BPDU to the bridge C. The TCN-BPDU are propagated to a bridge A via a bridge B. Upon the receipt of the TCN-BPDU, the root bridge A immediately transmits the BPDU, to which a TC detection flag is set, to all ports. Bridges B-E receiving the BPDU, to which a TC detection flag is set, immediately delete the contents of a forwarding table.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-257704

(P2001-257704A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 4 L	12/46	H 0 4 L 11/00	3 1 0 C 5 K 0 3 0
	12/28	11/08	5 K 0 3 3
	12/24	11/20	1 0 2 D 9 A 0 0 1
	12/26		
	12/56		

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-67073(P2000-67073)

(22)出願日 平成12年3月10日(2000.3.10)

(71)出願人 000000572

アンリツ株式会社

東京都港区南麻布5丁目10番27号

(72)発明者 石井 将治

東京都港区南麻布五丁目10番27号 アンリツ株式会社内

(74)代理人 100067323

弁理士 西村 教光 (外1名)

Fターム(参考) 5K030 GA12 HA08 HD03 HD07 KA05  
LB09

5K033 AA06 DA05 DB19 EB03 EC01

9A001 CC03 CC06 JJ18 KK56 LL07

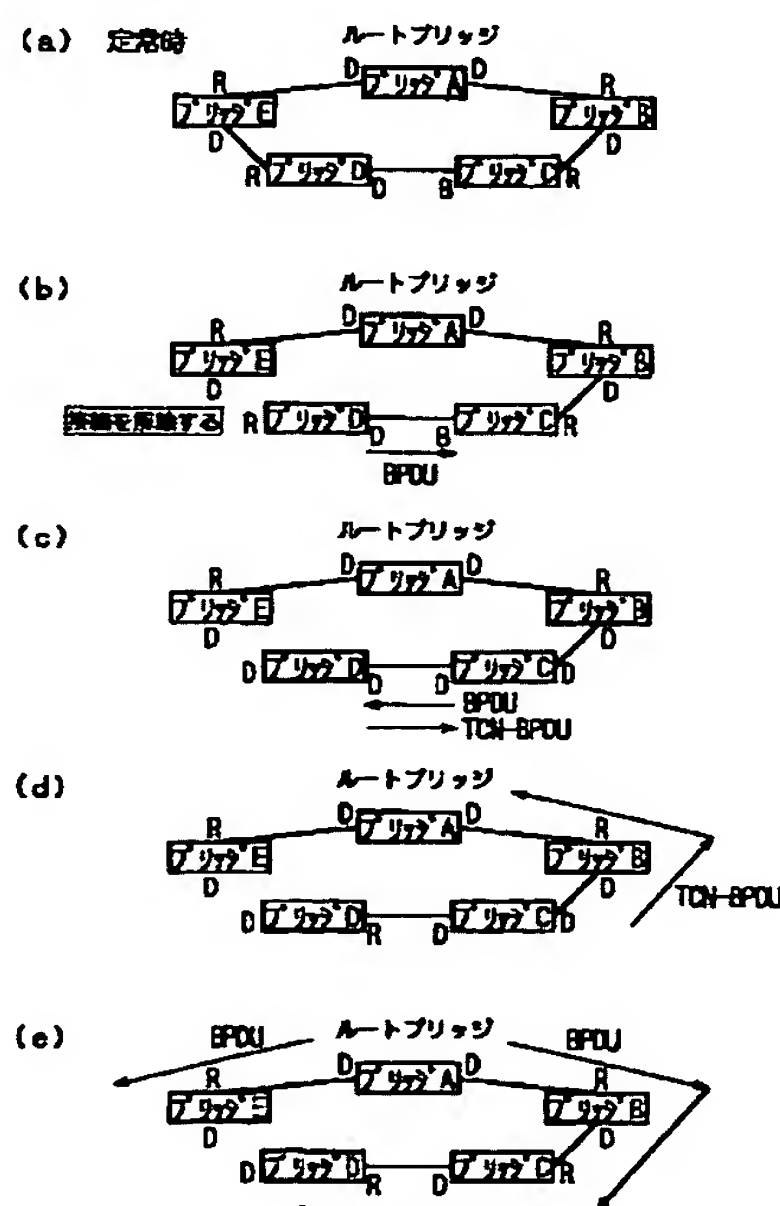
LL09

(54)【発明の名称】 スパニングツリー用ブリッジ及びそれを用いた経路変更方法

(57)【要約】

【課題】 通信経路の変更が生じた場合でも瞬時に対応して通信の中断からの復帰を早める。

【解決手段】 ルートポートのリンクダウンを検出したブリッジDは、ルートブリッジに就任し、ルートIDを自身のMACアドレスに変更したBPDUをブリッジCに送信する。ブリッジCは、自身のルートブリッジ情報よりも劣るルートブリッジ情報を持つBPDUをブリッジDから受信したとき、ルートブリッジに就任して自身のBPDUを送信し、閉鎖ポートBを直ちにフォワーディング状態に移させる。ブリッジDは、ブリッジCから自身のBPDUに劣るBPDUを受信し、ルートブリッジの就任を停止し、TCN-BPDUをブリッジCに送信する。TCN-BPDUは、ブリッジBを介してブリッジAに伝播される。ルートブリッジAは、TCN-BPDUを受信すると、直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信する。TC検出フラグをセットされたBPDUを受信したブリッジB～Eは、直ちにフォワーディングテーブルの内容を削除する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークに用いられるスパニングツリー用ブリッジにおいて、

ルートポートのリンクダウンを検出する機能と、

受信したBPDUの情報から受信ポートの代表ブリッジの変化を検出する機能と、

前記ルートポートのリンクダウンを検出したとき又は前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任する機能と、

前記代表ブリッジの変化を検出したときにそのブリッジの受信ポートの閉鎖ポートをフォワーディング状態に移させる機能と、

他のブリッジから自身のBPDUに優るBPDUを受信したときに代表ブリッジが変化している旨のTCN-BPDUを送信し、TCN-BPDUを受信したときに直ちにそのTCN-BPDUを伝播し、そのブリッジがルートブリッジのときには直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信する機能と、

前記TCフラグがセットされたBPDUを受信したときに直ちにそのBPDUを伝送して自身のブリッジフォワーディングテーブルの内容を削除する機能とを備えたことを特徴とするスパニングツリー用ブリッジ。

【請求項2】 前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任したブリッジは、他のブリッジから自身のBPDUより優れたBPDUを受信したときにルートブリッジでなくなることを特徴とする請求項1記載のスパニングツリー用ブリッジ。

【請求項3】 複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークに用いられるスパニングツリー用ブリッジの経路変更方法において、

ルートポートのリンクダウンを検出したときにルートブリッジに就任し、このルートブリッジを就任した旨のルートブリッジ情報に変更したBPDUを送信するステップと、

自身の受信ポートの持つルートブリッジ情報よりも劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを受信して代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任して自身のBPDUを送信し、このときルートブリッジに就任したブリッジの受信ポートのうち閉鎖ポートを直ちにフォワーディング状態に移させるステップと、

他のブリッジから自身のBPDUに優るBPDUを受信したときに代表ブリッジが変化している旨のTCN-BPDUを送信するステップと、

前記TCN-BPDUを受信したときに直ちにそのTCN-BPDUを各ブリッジに伝播し、そのブリッジがルートブリッジであるときには直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信するステップと、

前記TC検出フラグがセットされたBPDUを受信したときに直ちにそのBPDUを伝送して自身のフォワーデ

ィングテーブルの内容を削除するステップとを含むことを特徴とするスパニングツリー用ブリッジを用いた経路変更方法。

【請求項4】 前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任したブリッジは、他のブリッジから自身のBPDUより優れたBPDUを受信したときにルートブリッジでなくなることを特徴とする請求項3記載のスパニングツリー用ブリッジを用いた経路変更方法。

## 10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークに用いられるスパニングツリー用ブリッジ及びそれを用いた経路変更方法に関する。

【0002】

【従来の技術】複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークでは、経路の決定にスパニングツリープロトコルが用いられる。

20 【0003】例えば図7に示すように、LAN1とLAN2がブリッジAによって接続され、LAN1にパソコン等のノードn1が接続され、更にLAN2にHUBが接続されたネットワークの場合、ノードn1から送信されたパケットは、LAN1→ブリッジ→LAN2→HUBを介してHUBに接続されるパソコン等のノードn2を含むブロードキャストドメインの全てのノードに送信されることになる。そして、このようなネットワークに対して、LAN1とLAN2との間にブリッジAと並列にHUBを接続すると、ノードn1から送信されたパケットは、ネットワーク上をループし、その結果、ノードn1以外のノード（ノードn1を除くその他のブロードキャストドメインのノード）からパケットを送信することができなくなる。

【0004】そこで、図7に示すようなブリッジAとHUBのみでネットワークを構成した場合、あるノードから送信されたパケットがネットワーク上をループするのを取り除くためにスパニングツリーが用いられる。

40 【0005】また、図8に示すように、パソコン等のノードn1が接続されたLAN1と、HUBが接続されたLAN2との間に2つのブリッジA、Bを並列に接続し、ノードn1とHUBに接続されたパソコン等の各ノードn2、n3、n4、…との間で通信を行う場合、通常は一方のブリッジAを使用して通信を行い、このブリッジAがリンクダウンしたときに他方のブリッジBを使用して通信を行うことでネットワークに冗長性を持たせるためにスパニングツリーが用いられる。

【0006】ここで、スパニングツリーの基本的なアルゴリズムは下記(1)～(5)からなる。

50 【0007】(1) Configuration Bridge Protocol Data Units (以下BPDU) という特別なフレームをブリ

ッジ間で交換する。交換したBPDUにもとづいて以下の作業を行う。

(2) ネットワークのルートブリッジを選択する。ルートブリッジはブリッジ接続されたLAN全体に1個だけ存在する。

(3) 各ブリッジはルートブリッジに至る最短経路を計算する(ルートブリッジへの最短経路を与えるポートはルートポートと呼ばれる)。

(4) 各LANに対し、そのLANに接続されているブリッジから「指定ブリッジ(designated bridge)」を選択する。

(5) 各ブリッジはスパニングツリーに属するポート(指定ポート: designated port)とそうでないポート(閉鎖ポート: blocked port)を選択する。閉鎖ポートで受信したデータフレームはすべて廃棄される。また、閉鎖ポートからのフレームの送信は一切行われない。なお、受信したBPDUは一切フォワーディングされない。

【0008】上述したBPDUのデータ部分には少なくともルートID、ブリッジID、ルートバス・コストが含まれている。ルートIDは、ルートブリッジ(と仮定されたブリッジ)のIDであり、ブリッジのMACアドレスおよび管理者が指定する優先度から作成される。ブリッジIDは、BPDUを送信したブリッジIDであり、ブリッジのMACアドレスおよび管理者が指定する優先度から作成される。ルートバス・コストは、BPDUを送信したブリッジからルートブリッジに至る最短(と思われる)経路のコストである。

【0009】初期状態(電源投入時)では、各ブリッジは自分自身がルートブリッジであり、ルートバス・コストは0であると仮定する。各ブリッジは、BPDUの初期値をすべてのポートに送信すると同時に、ほかのブリッジから送信されたBPDUをすべてのポートから受信する。ブリッジがあるポートからよりよいBPDUを受信した場合、ブリッジはそのポートに対するBPDUの送信を停止し、その後自分自身が送信するBPDUの値を変更する。これにより、スパニングツリーが安定状態になった場合、各LANのなかで1個のブリッジのみがBPDUを送信するようになる。

【0010】上記BPDUの優劣は、例えばBPDU1とBPDU2がある場合、下記(1)～(4)の規則にもとづいて優劣の判断がなされる。

(1) BPDU1のルートIDがBPDU2のルートIDよりも数値的に小さい場合には、BPDU1はBPDU2よりもよいBPDUと判断される。

(2) BPDU1のルートIDがBPDU2のルートIDと数値的に等しい場合には、BPDU1のルートバス・コストがBPDU2のルートバス・コストよりも小さければ、BPDU1はBPDU2よりもよいBPDUと判断される。

(3) BPDU1のルートIDがBPDU2のルートIDと数値的に等しく、かつBPDU1のルートバス・コストがBPDU2のルートバス・コストと等しい場合には、BPDU1のブリッジIDがBPDU2のブリッジIDよりも数値的に小さければ、BPDU1はBPDU2よりもよいBPDUと判断される。

(4) BPDU1のルートIDがBPDU2のルートIDと数値的に等しく、かつBPDU1のルートバス・コストがBPDU2のルートバス・コストと等しく、かつBPDU1のブリッジIDがBPDU2のブリッジIDと数値的に等しい場合には、BPDU1のポートIDがBPDU2のポートIDよりも小さければ、BPDU1はBPDU2よりもよいBPDUと判断される。

【0011】そして、各ブリッジは自身のBPDUの初期値と、全ポートから受信した他のブリッジからのBPDUを比較し、もっともよいBPDUからルートIDを選択する。次に、各ブリッジは、〈ルートバス・コスト〉=〈もっともよいBPDU中のルートバス・コスト〉+バスコストに従って自分自身のルートバス・コストを計算する。なお、バスコストとは、各ポートが個別にもっているルートへのコストであり、その値は管理者が設定可能である。

【0012】いったんルートID、ルートポート、ルートバス・コストが定まると、これらの値にもとづいて各ブリッジはそれ以降に自分自身が送信するBPDUの内容を更新する。さらに、更新した自分自身のBPDUとルートポート以外のポートから受信したBPDUを比較し、ルートポート以外の各ポートに対して、自分自身が指定ブリッジになるかどうか判断する。指定ブリッジとなったポートは指定ポートと呼ばれ、指令ブリッジとならなかったポートは閉鎖ポートと呼ばれる。

【0013】そして、ルートポート、指定ポート、閉鎖ポートに対する、BPDUの送信およびデータフレームのフォワーディングは、ルートポートではBPDUを送信せずデータフレームをフォワーディングし、指定ポートではBPDUを送信してデータフレームをフォワーディングし、閉鎖ポートではBPDUを送信せずデータフレームをフォワーディングしない。

【0014】以上のようにしてスパニングツリーがいったん構成されると、各ブリッジは下記の(1)～(4)に示す定常動作を行う。この定常動作は、ブリッジの故障や新たなブリッジの追加によっていったん構成したスパニングツリーを再構成するために必要な動作である。

【0015】(1) BPDUには、「message age」という要素が含まれている。この値は、ルートブリッジがこのBPDUに対応するBPDUを生成してからの経過時間を示す。

(2) ルートブリッジは、全ポートに対して、定期的に自分自身のBPDUを送信する。このとき、message ageは0に設定される。



(3) 各ブリッジは受信したBPDUを保存する。また、各ポートに保存されているBPDUのmessage ageの値を時間の経過とともに増加させる(message age タイマー)。

(4) ルートブリッジ以外のブリッジは、ルートポートからBPDUを受信すると、自分自身のBPDUを全指定ポートに送信する。この際、message ageの値には、ルートポートのmessage ageと等しいかそれより大きく、受信BPDUのmessage ageよりも大きい値が使われる。

【0016】ここで、スパニングツリーの再構成は下記(1)、(2)に示すような場合に発生する。

【0017】(1) 保存されているBPDUのmessage age タイマーがタイムアウトした場合(max age を超えた場合)

(2) あるポートに保存してあるBPDUよりもよいBPDUや、message ageの値が小さなBPDUを同じポートから受信した場合

上記の事象が発生した場合、ブリッジはルートID、ルートコスト、ルートポートの再計算を行う。

【0018】ところで、スパニングツリーの構成(再構成)が開始されてからネットワーク上のすべてのブリッジが定常状態にならないうちに、データフレームの送信を行うのは非常に危険である。それは、スパニングツリー構成中には一時的なループが発生している可能性があるためである。したがって、各ブリッジは自分自身の指定ポートを決定してもすぐにはデータフレームのフォワーディングを開始しない。

【0019】ブリッジの各ポートの状態としては下記の3種類がある。

(1) listening: データフレームに関する作業は何もおこなわない。

(2) learning: 始点MACアドレスの学習はおこなうがフォワーディングはおこなわない。

(3) forwarding: データフレームのフォワーディングもおこなう。

listening 状態およびlearning状態の長さはforward delay と呼ばれ、ルートブリッジがその値を決定し、BPDUにその値を入れて各ブリッジに伝える。また、listening 状態およびlearning状態で用いられるタイマーはforwardingタイマーと呼ばれる。

【0020】スパニングツリーの再構成が発生すると、ホストの位置が変化し、古い学習テーブルの内容が正しくなくなる場合がある。このため、スパニングツリーに対応しているブリッジは学習テーブルaging タイマーのタイムアウト値として以下の2種類の値を持っている。

(1) 通常値: この値は数分といった長い時間に設定される。

(2) トポロジー変化後に使用される値: この値はforward delay の値と同じ値になる。

【0021】ブリッジはスパニングツリーの再構成を検知すると、一定期間学習テーブルaging タイマーのタイムアウト値をforward delay と同じ値に設定する。

【0022】ところで、スパニングツリー・アルゴリズムは、下記(1)~(5)に示すように、スパニングツリーの再構成が発生したことをすべてのブリッジに通知する仕組みをもっている。

【0023】(1) ブリッジがトポロジーの変化を検知すると、そのブリッジはTCN-BPDU(Topology Change Notification BPDU)と呼ばれるフレームをルートポートにhello time間隔で送信する。ルートポートからTCA(Topology ChangeAcknowledgment)フラグが立ったBPDUを受信するまでこれを継続する。

(2) TCN-BPDUを受信したブリッジもまた、TCN-BPDUをそれ自身のルートポートに送信する。一方、TCN-BPDUを受信したポートに対しては次のBPDUの送信時に、BPDUのTCAフラグを立ててBPDUを送信する。

(3) ルートブリッジはTCN-BPDUを受信するか、あるいは自分自身のポートの状態が変化した場合、その時点からmax age + forward delay 時間のあいだTC(Topology Change) フラグの立ったBPDUを送信する。

(4) TCフラグの立ったBPDUをルートポートから受信したブリッジは、自分自身のBPDUについてもTCフラグを立てて送信する。これは、ルートポートからTCフラグが立っていないBPDUを受信するまで継続する。

(5) ルートポートからTCフラグの立ったBPDUを受信しているあいだ、ブリッジはforward delay の値を学習テーブルaging タイマーのタイムアウト値として用いる。

【0024】このように、スパニングツリーは、冗長なブリッジ・ネットワークにおいてループを自動的に取り除くとともに、機器の故障やケーブル不良などによるネットワーク・トポロジーの変更を自動的に検知し、ループが発生しないようにネットワーク・トポロジーを動的に変更するアルゴリズムである。

【0025】ところで、スパニングツリーは、ネットワークにループを作らないように働くが、ルートポートが何らかの原因(例えばケーブルの繋ぎ変え、ポートの無効設定、通信障害による通信経路の変更など)でリンクダウンした場合、停止していた閉鎖ポートを復帰させてスパニングツリーを再構成する動作が実行される。その場合の動作を図9のネットワークを例にとって説明する。

【0026】図9に示すネットワークは、3つのブリッジA、B、Cが互いに接続されたもので、定常状態においてブリッジAがルートブリッジ、ブリッジBが代表ブリッジ、ブリッジBに向かうブリッジCのポートを閉鎖

ポートとして通信が行われるようにスパニングツリーが構成されているものとする。なお、各ブリッジに接続されるノードは、説明に必要な部分のみを図示し、その他の部分については省略している。

【0027】図9のネットワークでは、ブリッジBに接続されたノードn1とブリッジCに接続されたノードn2との間で通信を行った場合、ブリッジBのノードn1からの信号はブリッジA、ブリッジCを通してブリッジCのノードn2に送られることになる。

【0028】今、ブリッジAとブリッジBとの間が何らかの原因で不通になると、そのままではブリッジBに接続されたノードn1とブリッジCに接続されたノードn2との間の通信が行えなくなるので、ブリッジCの閉鎖ポートを開き、通信経路を変更してスパニングツリーを再構成する必要がある。

【0029】そこで、従来のスパニングツリーでは、ブリッジAとブリッジBとの間が不通になると、ブリッジBは、ルートブリッジであるブリッジAから定期的に送信されるBPDUを受信しなくなる。これにより、ブリッジBは、ブリッジAとの間のリンクダウンを検出する。ブリッジBがリンクダウンを検出すると、ブリッジBからブリッジCにBPDUが送信されなくなる。これにより、ブリッジCは、本来ブリッジA、ブリッジBを経由して送信されてくるBPDUを受信しなくなる。そして、ブリッジCは、ブリッジBからBPDUを受信しなくなった時点からの経過時間が予め設定された指定時間を経過すると、ブリッジBとブリッジCとの間の通信が可能となるように閉鎖ポートを徐々に開く動作を開始する。そして、ブリッジCの閉鎖ポートが完全に開くと、ブリッジBに接続されたノードとブリッジCに接続されたノードとの間の通信が可能となる。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の方法では、リンクダウンを検出した後、閉鎖ポートを開いてブリッジBに接続されたノードn1とブリッジCに接続されたノードn2との間の通信が可能となるまでに時間を要し、通信の中断からの復帰が遅く、通信効率の低下を招いていた。

【0031】そこで、本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、通信経路の変更が生じた場合でも瞬時に対応して通信の中断からの復帰を早めることができるスパニングツリー用ブリッジ及びそれを用いた経路変更方法を提供することを目的としている。

【0032】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークに用いられるスパニングツリー用ブリッジにおいて、ルートポートのリンクダウンを検出する機能と、受信したBPDUの情報から受信ポートの代表ブリッジの変化を検出する機能と、前記ルートポート

のリンクダウンを検出したとき又は前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任する機能と、前記代表ブリッジの変化を検出したときにそのブリッジの受信ポートの閉鎖ポートをフォワーディング状態に移させる機能と、他のブリッジから自身のBPDUに優るBPDUを受信したときに代表ブリッジが変化している旨のTCN-BPDUを送信し、TCN-BPDUを受信したときに直ちにそのTCN-BPDUを伝播し、そのブリッジがルートブリッジのときには直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信する機能と、前記TCフラグがセットされたBPDUを受信したときに直ちにそのBPDUを伝送して自身のブリッジフォワーディングテーブルの内容を削除する機能とを備えたことを特徴とする。

【0033】請求項2の発明は、請求項1のスパニングツリー用ブリッジにおいて、前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任したブリッジは、他のブリッジから自身のBPDUより優れたBPDUを受信したときにルートブリッジでなくなることを特徴とする。

【0034】請求項3の発明は、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークに用いられるスパニングツリー用ブリッジの経路変更方法において、ルートポートのリンクダウンを検出したときにルートブリッジに就任し、このルートブリッジに就任した旨のルートブリッジ情報に変更したBPDUを送信するステップと、自身の受信ポートの持つルートブリッジ情報よりも劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを受信して代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任して自身のBPDUを送信し、このときルートブリッジに就任したブリッジの受信ポートのうち閉鎖ポートを直ちにフォワーディング状態に移させるステップと、他のブリッジから自身のBPDUに優るBPDUを受信したときに代表ブリッジが変化している旨のTCN-BPDUを送信するステップと、前記TCN-BPDUを受信したときに直ちにそのTCN-BPDUを各ブリッジに伝播し、そのブリッジがルートブリッジであるときには直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信するステップと、前記TC検出フラグがセットされたBPDUを受信したときに直ちにそのBPDUを伝送して自身のフォワーディングテーブルの内容を削除するステップとを含むことを特徴とする。

【0035】請求項4の発明は、請求項3のスパニングツリー用ブリッジを用いた経路変更方法において、前記代表ブリッジの変化を検出したときにルートブリッジに就任したブリッジは、他のブリッジから自身のBPDUより優れたBPDUを受信したときにルートブリッジでなくなることを特徴とする。

【0036】

【発明の実施の形態】図1は本発明によるスパニングツ

リー用ブリッジの内部機能の概略を示すブロック図である。

【0037】図1に示すように、スパニングツリー用ブリッジ1は、他のブリッジに接続されるポート2を有し、リンクダウン検出機能、代表ブリッジ変化検出機能、トポロジー変化検出機能、閉鎖ポート制御機能、ルートブリッジ就任機能、テーブルクリア機能といった各機能を個々に備えている。

【0038】なお、代表ブリッジとは、相互に接続されるブリッジの中で相対的に1段上位に位置するブリッジである。

【0039】まず、各ブリッジ間で送受信されるBPDUについて図2(a)～(c)を参照しながら説明する。図2(a)はブリッジ間で送受信されるBPDUのフレーム・フォーマットを示す図、図2(b)はBPDUのデータに含まれるフラグのフレーム・フォーマットを示す図、図2(c)はBPDUのデータに含まれるルートID、ブリッジIDのフレーム・フォーマットを示す図、図2(d)はトポロジーの変化を検出したときに送信されるTCN-BPDUのフレーム・フォーマットを示す図である。

【0040】図2(a)に示すように、BPDUは、ヘッダ部分とデータ部分から構成される。図2(b)に示すように、フラグは、TCA、未使用領域、TCから構成される。TCAのbitが立ったBPDUをルートポートから受信したブリッジは、ルートポートへのTCN-BPDUの送信を停止する。TCのbitが立ったBPDUをルートポートから受信したブリッジは、TCフラグの立っていないBPDUを受信するまで、学習テーブルaging タイマーのタイムアウト値をforward delayの値に設定し、自分自身もTCフラグの立ったBPDUを送信する。

【0041】図2(c)に示すように、ルートIDおよびブリッジIDは、上位2octet は管理者が設定するpriority、下位6octet はブリッジのMACアドレスである。ルートIDおよびブリッジIDは、上位2octet の管理者が設定するpriorityが優先され、MACアドレスを含めた全体の大小によってブリッジの上位下位の判別ができるようになっている。例えば各ブリッジのBPDUのルートIDの上位2octet をデフォルトの状態とした場合、ルートIDのMACアドレスの一番小さいブリッジがルートブリッジとなる。

【0042】その他、ルートパス・コストは、ルートへの最短(と思われる)コストである。ポートIDは、上位1octet は管理者が設定するpriority、下位1octet はブリッジに固有のIDである。

【0043】message age は、ルートブリッジからの経過時間を示し、単位は1/256秒である。したがって、この値が256の場合、ルートは1秒前にこのBPDUに対応するBPDUを送信したことになる。

【0044】max age は、BPDUの有効期間を示し、単位は1/256秒である。また、hello timeは、ルートブリッジがBPDUを送信する時間間隔を示し、単位は1/256秒である。すなわち、ルートブリッジはhello time間隔でBPDUを送信する。

【0045】forward delay は、listening の期間、learningの期間、スパニングツリーの再構成が発生した場合の学習テーブルaging タイマーに用いられるパラメータを示し、単位は1/256秒である。

【0046】トポロジーチェンジタイマーは、フラグのTCを立てる期間を計測するタイマーである。

【0047】次に、各ブリッジ1が備える機能について説明する。まず、ルートポートのリンクダウン検出機能は、ルートブリッジに向かう方向のポート(ルートポート)の情報によってリンクダウンを検出する機能である。更に説明すると、ポート間が接続されているときは導通しており、ポート間の接続が外れたときに発生する割込信号によってリンクダウンを検出している。なお、このリンクダウンの検出は、ポーリングでも可能である。ブリッジは、ルートポートのリンクダウンを検出すると、自身がルートブリッジを主張するBPDU(ルートIDのMACアドレスを自身のアドレスに書き換えたもの)を代表ポートから送信する。

【0048】代表ブリッジの変化検出機能は、そのブリッジに接続されている他のブリッジから受信するBPDU情報と、自身のBPDU情報とを比較して代表ブリッジの変化を検出する機能である。更に説明すると、他のブリッジから受信するBPDU内のルートIDと、自身のBPDU内のルートIDとを比較し、他のブリッジから受信するBPDU内のルートIDが自身のルートIDの情報よりも悪いルートIDであるときに代表ブリッジが変化したと判断している。

【0049】トポロジー変化検出機能は、そのネットワークにおいてトポロジーが変化しているか否かを検出する機能である。更に説明すると、ブリッジは、トポロジーの変化を検出すると、図2(d)に示すTCN-BPDUをルートポートにhellontime 間隔で送信する。このTCN-BPDUを受信したブリッジは、そのTCN-BPDUを直ちにルート方向に伝播し、各ブリッジを経由して最終的にルートブリッジに送られる。そして、ルートブリッジは、TCN-BPDUを受信すると、自身のBPDUのフラグのTCを立て、すなわちTC検出フラグをセットしてBPDUを送信する。このTC検出フラグがセットされたBPDUを受信したブリッジは、そのBPDUを直ちに伝播し、各ブリッジに送られる。

【0050】閉鎖ポート制御機能は、リンクダウン検出機能によりルートポートのリンクダウンが検出された後、代表ブリッジの変化検出機能により代表ブリッジが変化したと判断したときに、元々閉鎖ポートに設定されたブリッジの閉鎖ポートを直ちに開けてフォワーディン



グ状態に遷移させる制御を行う機能である。

【0051】ルートブリッジ就任機能は、リンクダウン検出機能によりルートポートのリンクダウンを検出したときに、このリンクダウンを検出したブリッジがルートブリッジを就任する機能である。また、ルートブリッジ就任機能は、代表ブリッジの変化検出機能により代表ブリッジが変化したと判断したときに、この代表ブリッジの変化を検出したブリッジがルートブリッジに就任する機能でもある。

【0052】なお、ルートブリッジ就任機能によりルートブリッジに就任したブリッジは、他のブリッジから受信するBPD Uが自身のBPD Uよりも良いものを受信した場合にはルートブリッジの就任が解除される。

【0053】フォワーディングテーブルのテーブルクリア機能は、トポロジー変化検出機能によりセットされたTC検出フラグを検出したときに、フォワーディングテーブルの内容（データベースの情報）を削除する機能である。更に説明すると、トポロジー変化検出機能によりルートブリッジからTC検出フラグがセットされたBPD Uを受信したときに、フォワーディングテーブルのデータベースの情報を削除している。この機能は一度動作してからトポロジーチェンジタイマ期間は動作しないようになっている。

【0054】次に、上記のように構成される各ブリッジの動作を図3及び図4に基づいて説明する。図3はルートポートのリンクダウン検出時のフローチャート、図4は他のブリッジからBPD Uを受信したときのフローチャートを示している。

【0055】ルートポートのリンクダウン検出時では、図3に示すように、ルートポートのリンクダウン情報を得ると（ST1）、得たリンクダウン情報からリンクダウンポートがルートポートか否かを判別する（ST2）。そして、リンクダウンポートがルートポートであると判断すると、そのブリッジはルートブリッジを就任する（ST3）。

【0056】図4に示すように、他のブリッジからBPD Uを受信し、BPD U情報を得ると（ST4）、その得たBPD U情報のTCフラグが立っているか否かを判別する（ST5）。TCフラグが立っていないと判断したときは、後述するST8の動作に移行する。これに対し、TCフラグが立っていると判断すると、トポロジーチェンジタイマ期間か否かを判別する（ST6）。トポロジーチェンジタイマ期間でないと判断すると、後述するST8の動作に移行する。これに対し、トポロジーチェンジタイマ期間であると判断すると、自身の不図示の記憶手段に格納されたフォワーディングテーブルをクリアしてデータベース情報を削除する（ST7）。

【0057】フォワーディングテーブルの内容がクリアされると、得たBPD Uが代表ブリッジからのBPD Uか否かを判別する（ST8）。得たBPD Uが代表ブリ

ッジからのBPD Uでないと判断すると、そのまま処理が終了する。これに対し、BPD U代表ブリッジのBPD Uと判断すると、得たBPD Uのルートブリッジの優先度と自身のBPD Uのルートブリッジの優先度を比較し、どちらの優先度が高いか判別する（ST9）。得たBPD Uのルートブリッジの優先度が自身のBPD Uのルートブリッジの優先度と同等かそれより高いと判断したときは、そのまま処理が終了する。これに対し、自身のBPD Uのルートブリッジの優先度が低いと判断したときには、ルートブリッジに就任する（ST10）。

【0058】なお、図4のフローチャートでは、ST6においてトポロジーチェンジタイマ期間か否かを判別しているが、この動作を省略し、TCフラグが立っていると判断したときに、フォワーディングテーブルの内容を削除してもよい。

【0059】次に、上記構成のスパニングツリー用ブリッジを用いたネットワークにおいて、ケーブルの繋ぎ換え、ポートの無効設定、通信障害による通信経路の変更などが生じてトポロジーに変化があった場合の動作について説明する。

【0060】ここでは、説明を簡略するため、図5（a）～（e）に示すネットワーク構成を例にとって説明する。図5（a）は定常状態を示す図であり、図5（b）～（e）はブリッジDとブリッジEとの間の接続が解除されたトポロジーチェンジ時のデータのやりとりを示す図である。なお、図5において、各ブリッジA～EのRはルートポート、Dは代表ポート、Bは閉鎖ポートを示している。

【0061】図5のネットワークでは、図5（a）の定常状態のとき、ブリッジAをルートブリッジ、ブリッジCのブリッジDに向かう受信ポートを閉鎖ポートBとしてスパニングツリーが構成されている。

【0062】今、図5（b）に示すように、ブリッジDのルートポートRとブリッジEの代表ポートDとの間の接続が解除されると、ブリッジCやブリッジEを介してのデータ通信（BPD Uを除く）が不可能となるため、以下に説明するように、ブリッジCの閉鎖ポートBを開きフォワーディング状態に遷移させて経路変更を行い、スパニングツリーを再構成する動作が実行される。

【0063】図5（b）に示すように、ブリッジDのルートポートRとブリッジEの代表ポートD間の接続が解除されると、ブリッジDはリンクダウンを検出し、ルートブリッジに就任する。そして、ブリッジDは、ルートIDを自分のMACアドレスに変更したBPD Uを代表ポートDからブリッジCの閉鎖ポートBに送信する。

【0064】図5（b）に示すように、ブリッジCは、ブリッジDからのBPD Uを閉鎖ポートBから受信すると、この受信したBPD Uの情報と自身のBPD Uの情報とを比較する。ブリッジCは、ループの切断前にブリッジDを経由して送られていたBPD Uを自身のBPD

Uとして持っている。したがって、ブリッジCは、閉鎖ポートBの代表ブリッジであるブリッジDの代表ポートDから閉鎖ポートBの持つルートブリッジ情報に劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを受信することになる。これにより、ブリッジCは、自身のBPDUより劣ったBPDUをブリッジDから受信したと判断し、ルートブリッジに就任し、劣ったBPDUを受信した受信ポートの閉鎖ポートBを直ちに開く動作を行い、代表ポートDとする。なお、その際に、ブリッジCは、ルートブリッジであるブリッジAから定期的送信されるBPDUをブリッジBを介して代表ポートDから受信していれば、ルートブリッジに就任することはない。

【0065】そして、ブリッジCは、図5(c)に示すように、自身のBPDUを代表ポートDからブリッジDの代表ポートDに送信する。ブリッジDは、代表ポートDからブリッジCのBPDUを受信すると、この受信したBPDUの情報と自身のBPDUの情報とを比較する。この場合、ブリッジDは、代表ポートDから自身のBPDUより優るBPDUを受信するので、ルートブリッジでなくなる。そして、ブリッジDは、代表ポートDからTCN-BPDUをブリッジCの代表ポートDに送信する。

【0066】ブリッジCは、ブリッジDからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、図5(d)に示すように、そのTCN-BPDUをブリッジBの代表ポートに送信する。その際、ブリッジCは、ルートブリッジであるブリッジAから定期的送信されるBPDUをブリッジBを介して代表ポートDから受信すると、ルートブリッジでなくなる。

【0067】更に、ブリッジBは、ブリッジCからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、そのTCN-BPDUをルートブリッジであるブリッジAの代表ポートDに送信する。すなわち、ブリッジDから送信されるTCN-BPDUは、各ブリッジC、ブリッジBを介してルートブリッジであるブリッジAまで送信される。

【0068】ブリッジAは、ブリッジBからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、トポロジーが変化している旨を各ブリッジに知らせるべく、図5

(e)に示すように、TC検出フラグをセットしたBPDUをブリッジBのルートポートRおよびブリッジEのルートポートRに送信する。ブリッジBは、ブリッジAからのTC検出フラグをセットしたBPDUをルートポートRから受信すると、そのBPDUをブリッジCのルートポートRに送信する。更に、ブリッジCは、ブリッジBからのTC検出フラグをセットしたBPDUをルートポートRから受信すると、そのBPDUをブリッジDのルートポートRに送信する。すなわち、ルートブリッジであるブリッジAから送信されるTCフラグをセットしたBPDUは、全てのブリッジB～Eに対して順次伝

番される。そして、このTC検出フラグをセットしたBPDUを受信した各ブリッジB、C、D、Eは、自身のフォワーディングテーブルの内容を削除する。

【0069】自身のフォワーディングテーブルの内容が削除された各ブリッジB、C、D、Eは、ブリッジの特徴でもあるアドレス情報の自動学習機能によりフォワーディングテーブルが作られる。すなわち、通信がはじまると、各ブリッジは送られてくるパケットのMACアドレス情報を参照し、パケットを出したノードに接続されているブリッジのポートを自動学習し、すべてのパケットがブリッジを通過すると各ブリッジのフォワーディングテーブルが出来上がる。

【0070】また、別の例として、ブリッジAの代表ポートDとブリッジEのルートポートRとの間の接続を解除した場合の動作図を図6(a)～(e)に示す。

【0071】図6のネットワークでは、図5(a)と同様に、図6(a)の定常状態のとき、ブリッジAをルートブリッジ、ブリッジCのブリッジDに向かう受信ポートを閉鎖ポートBとしてスパニングツリーが構成されている。

【0072】今、図6(b)に示すように、ブリッジAの代表ポートDとブリッジEのルートポートRとの間の接続が解除されると、ブリッジC、ブリッジDやブリッジEを介してのデータ通信(BPDUを除く)が不可能となるため、以下に説明するように、ブリッジCの閉鎖ポートBを開きフォワーディング状態に移移させて経路変更を行い、スパニングツリーを再構成する動作が実行される。

【0073】図6(b)に示すように、ブリッジAの代表ポートDとブリッジEのルートポートR間の接続が解除されると、ブリッジEはリンクダウンを検出し、ルートブリッジに就任する。そして、ブリッジEは、ルートIDを自分のMACアドレスに変更したBPDUを代表ポートDからブリッジDのルートポートRに送信する。ブリッジDは、ブリッジEからのBPDUをルートポートRから受信すると、この受信したBPDUの情報と自身のBPDUの情報とを比較する。ブリッジDは、ルートブリッジであるブリッジAからブリッジB、ブリッジCを経由して送られるBPDUによって自身のBPDUが更新されている。したがって、ブリッジDは、ルートポートRの持つルートブリッジ情報に劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを受信することになる。これにより、ブリッジDは、自身のBPDUより劣ったBPDUをブリッジEから受信したと判断し、自身のBPDUを代表ポートDからブリッジCの閉鎖ポートBに送信する。この時点では、ブリッジDは、受信ポートが開いた状態なので、特にポートを開く動作は行わない。また同時に、ブリッジDは、自身のBPDUを代表ポートDからブリッジEの代表ポートDに送信する。ブリッジEは、代表ポートDからブリッジDのBPDUを受信する

と、この受信したBPDUの情報と自身のBPDUの情報とを比較する。この場合、ブリッジEは、代表ポートDから自身のBPDUより優るBPDUを受信したと判断するので、ルートブリッジではなくなる。

【0074】図6(c)に示すように、ブリッジCは、ブリッジDからのBPDUを閉鎖ポートBから受信すると、この受信したBPDUの情報と自身のBPDUの情報とを比較する。ブリッジCは、ループの切断前にブリッジDを経由して送られてくるBPDUによって自身のBPDUが更新されている。したがって、ブリッジCは、閉鎖ポートBの代表ブリッジであるブリッジDの代表ポートDから閉鎖ポートBの持つルートブリッジ情報に劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを受信することになる。これにより、ブリッジCは、自身のBPDUより劣ったBPDUをブリッジDから受信したと判断し、劣ったBPDUを受信した閉鎖ポートBを直ちに開く動作を行い、代表ポートDとする。

【0075】そして、ブリッジCは、図6(c)に示すように、自身のBPDUを代表ポートDからブリッジDの代表ポートDに送信する。ブリッジDは、代表ポートDからブリッジCのBPDUを受信すると、この受信したBPDUの情報と自身のBPDUの情報とを比較する。この場合、ブリッジDは、代表ポートDから自身のBPDUより優るBPDUを受信したと判断するので、ルートブリッジでなくなる。そして、ブリッジDは、代表ポートDからTCN-BPDUをブリッジCの代表ポートDに送信する。このTCN-BPDUはブリッジEの代表ポートDにも送信される。

【0076】ブリッジCは、ブリッジDからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、図6(d)に示すように、そのTCN-BPDUをブリッジBの代表ポートに送信する。その際、ブリッジCは、ルートブリッジであるブリッジAから定期的に送信されるBPDUをブリッジBを介してルートポートRから受信していると、ルートブリッジでなくなる。

【0077】更に、ブリッジBは、ブリッジCからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、そのTCN-BPDUをルートブリッジであるブリッジAの代表ポートDに送信する。すなわち、ブリッジDから送信されるTCN-BPDUは、各ブリッジC、ブリッジBを介してルートブリッジであるブリッジAまで送信される。

【0078】ブリッジAは、ブリッジBからのTCN-BPDUを代表ポートDから受信すると、トポロジーが変化している旨を各ブリッジに知らせるべく、図6

(e)に示すように、TC検出フラグをセットしたBPDUをブリッジBのルートポートRに送信する。ブリッジBは、ブリッジAからのTC検出フラグをセットしたBPDUをルートポートRから受信すると、そのBPDUをブリッジCのルートポートRに送信する。更に、ブ

リッジCは、ブリッジBからのTC検出フラグをセットしたBPDUをルートポートRから受信すると、そのBPDUをブリッジDのルートポートRに送信する。そして、ブリッジDは、ブリッジCからのTC検出フラグをセットしたBPDUをルートポートRから受信すると、そのBPDUをブリッジEのルートポートRに送信する。すなわち、ルートブリッジであるブリッジAから送信されるTCフラグをセットしたBPDUは、全てのブリッジB～Eに対して順次伝播される。そして、このTC検出フラグをセットしたBPDUを受信した各ブリッジB、C、D、Eは、自身のフォワーディングテーブルの内容を削除する。

【0079】自身のフォワーディングテーブルの内容が削除された各ブリッジB、C、D、Eは、ブリッジの特徴でもあるアドレス情報の自動学習機能によりフォワーディングテーブルが作られる。すなわち、通信がはじまると、各ブリッジは送られてくるパケットのMACアドレス情報を参照し、パケットを出したノードに接続されているブリッジのポートを自動学習し、すべてのパケットがブリッジを通過すると各ブリッジのフォワーディングテーブルが出来上がる。

【0080】このように、本実施の形態では、ルートポートでリンクダウンを検出したとき、BPDUの有効期間を経時するマックスエイジタイマー満了時と同様にトポロジーチェンジ検出処理をし、ルートブリッジとなる。また、受信ポートの持つルートブリッジ情報よりも劣るルートブリッジ情報を持つBPDUを代表ブリッジから受信した場合にも、マックスエイジタイマー満了時と同様にトポロジーチェンジ検出処理をし、ルートブリッジとなり、これによりルートブリッジとなった場合には、元々閉鎖ポートであったポートは直ちにフォワーディング状態に移させる。そして、TCN-BPDUを受信したブリッジは、ホールドタイムを無視して、直ちにTCN-BPDUを伝播する。もし、ルートブリッジであれば、直ちにTC検出フラグをセットしたBPDUを全ポートに送信する。そして、TC検出フラグがセットされたBPDUを受信したブリッジは、ホールドタイムを無視して直ちにBPDUを伝送する。その後すぐに、フォワーディングテーブルのデータベース情報を削除する。

【0081】したがって、本例によれば、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークにおいて、ケーブルの繋ぎ換え、ポートの無効設定および通信障害による通信経路の変更に瞬時に対応し、通信の中断からの復帰を早くすることができる。

【0082】なお、本例においては、説明の簡略を図るため、図1に示すネットワーク構成を一例として説明したが、図1のネットワーク構成に限らず、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワーク、言い換えれば、独立したブロードキャストドメイン毎に動作するスパン



ングツリーに対して本例の構成および経路変更方法を採用することができる。

【0083】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、複数のブリッジによる冗長経路を含むネットワークにおいて、ケーブルの繋ぎ換え、ポートの無効設定および通信障害による通信経路の変更に瞬時に対応し、通信の中断からの復帰を早くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるスバニングツリー用ブリッジの機能ブロック図

【図2】(a)～(d)各ブリッジ間で送受信されるBPDUのフレーム・フォーマットを示す図

【図3】図1のスバニングツリー用ブリッジを用いたルートポートのリンクダウン検出時のフローチャート、

【図4】図1のスバニングツリー用ブリッジを用いたネットワークにおいて、他のブリッジからBPDUを受信したときのフローチャート

\*

\*【図5】図1のスバニングツリー用ブリッジを用いたネットワークにおいて、ルートブリッジ以外のブリッジ間の接続が解除されてトポロジ変化が生じたときの動作説明図

【図6】図1のスバニングツリー用ブリッジを用いたネットワークにおいて、ルートブリッジと他のブリッジ間の接続が解除されてトポロジ変化が生じたときの動作説明図

【図7】スバニングツリーの目的を説明するための図

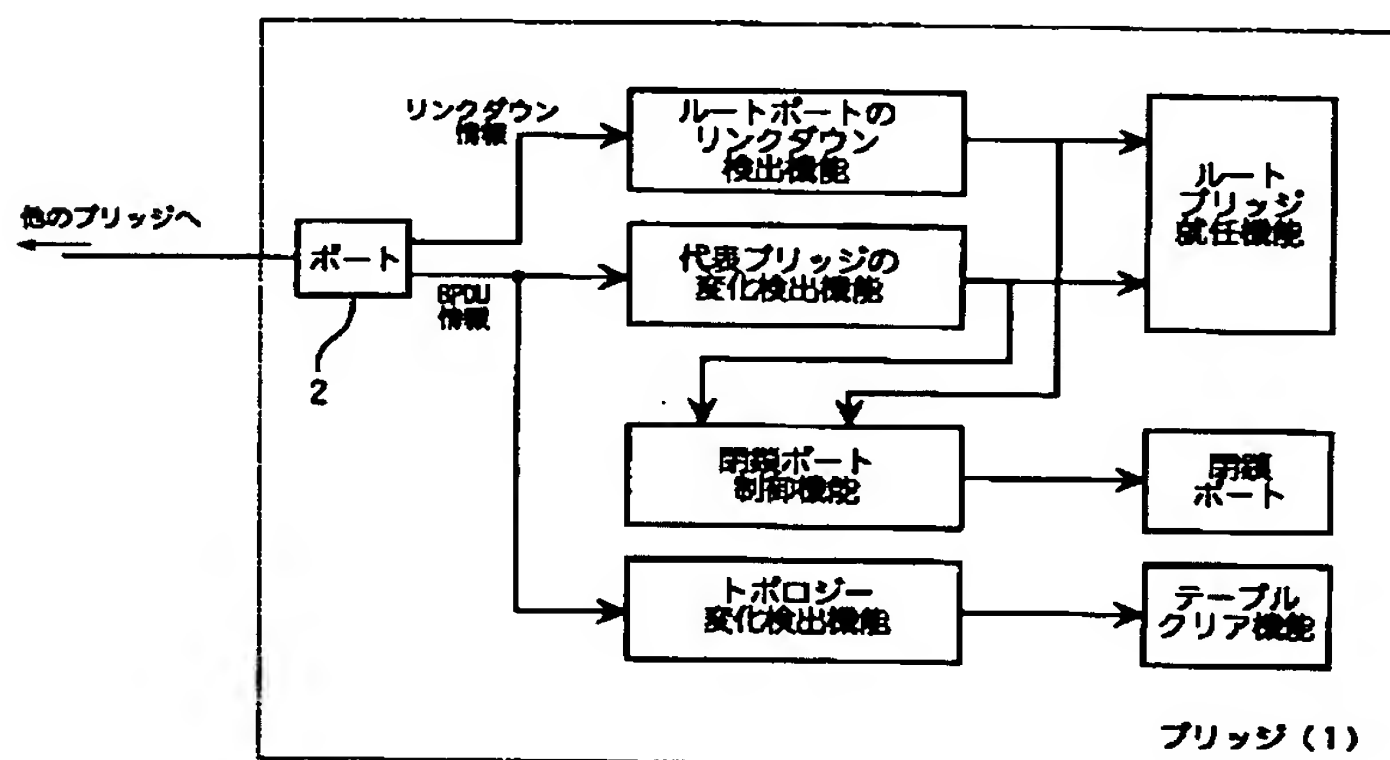
【図8】スバニングツリーの目的を説明するための図

【図9】スバニングツリー用ブリッジを用いたネットワークにおいて、トポロジ変化が生じたときの従来の動作を説明するための図

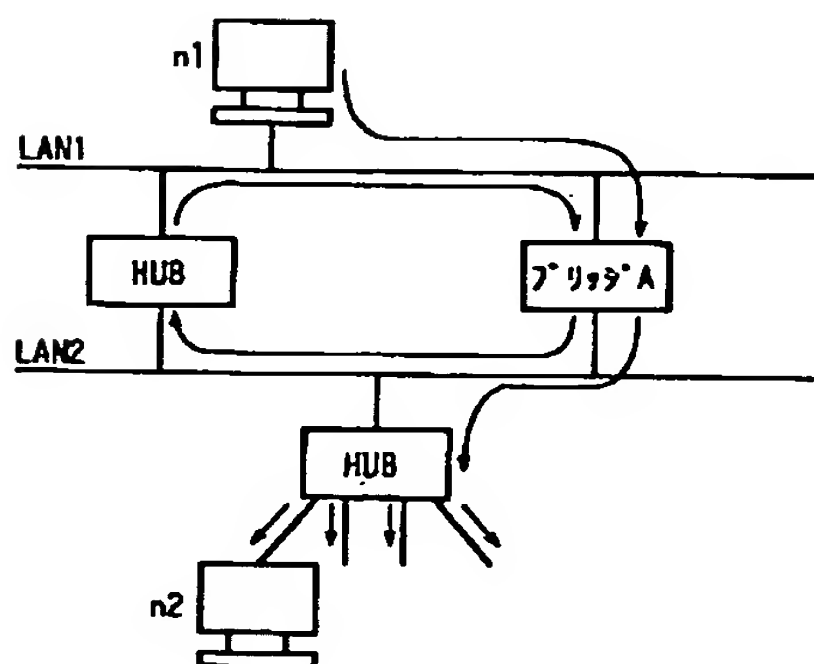
【符号の説明】

1 (A～E) …スバニングツリー用ブリッジ、2…ポート、R…ルートポート、D…代表ポート、B…閉鎖ポート。

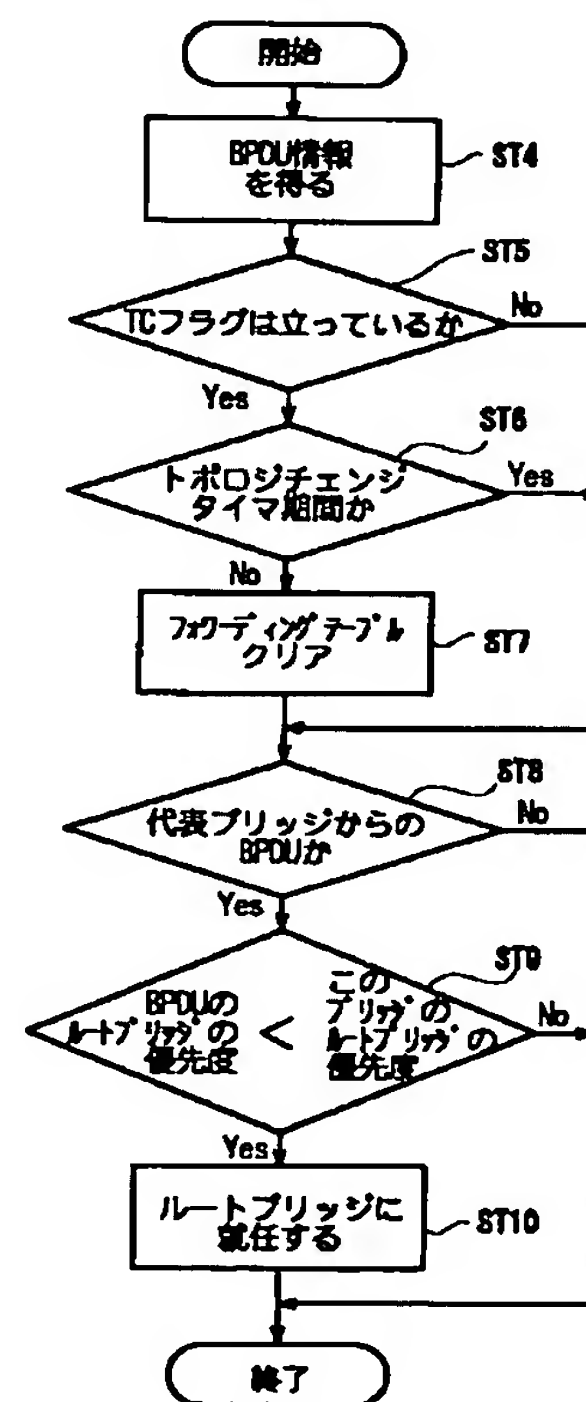
【図1】



【図7】

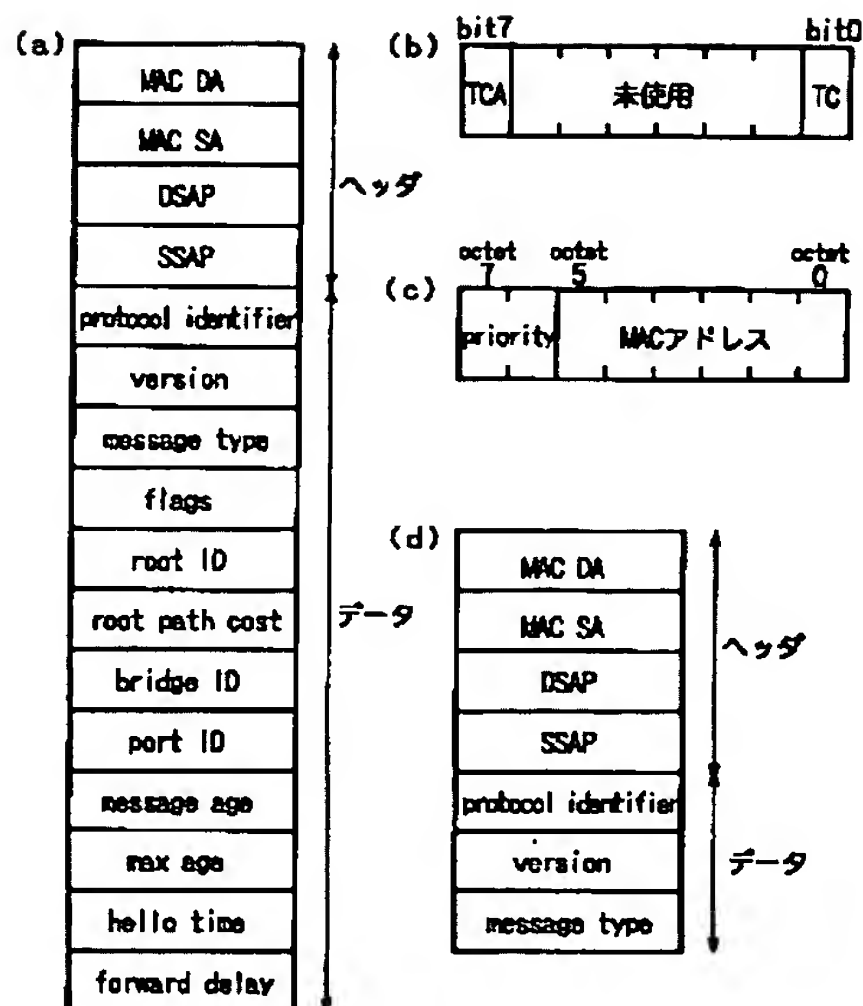


【図3】

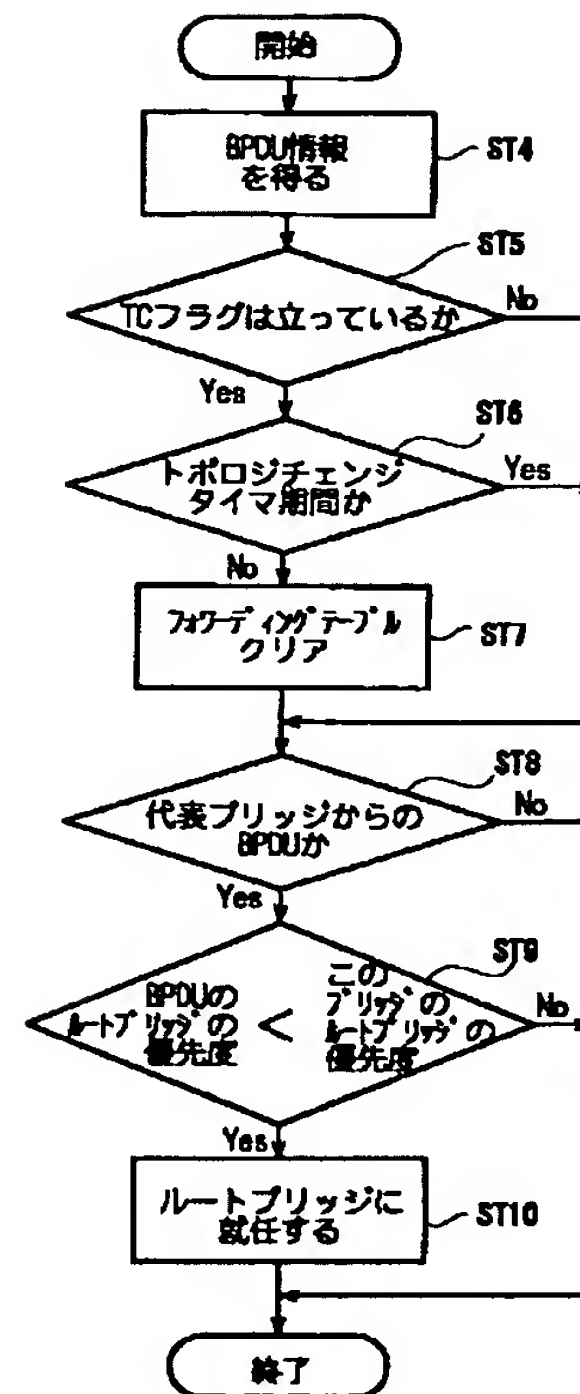




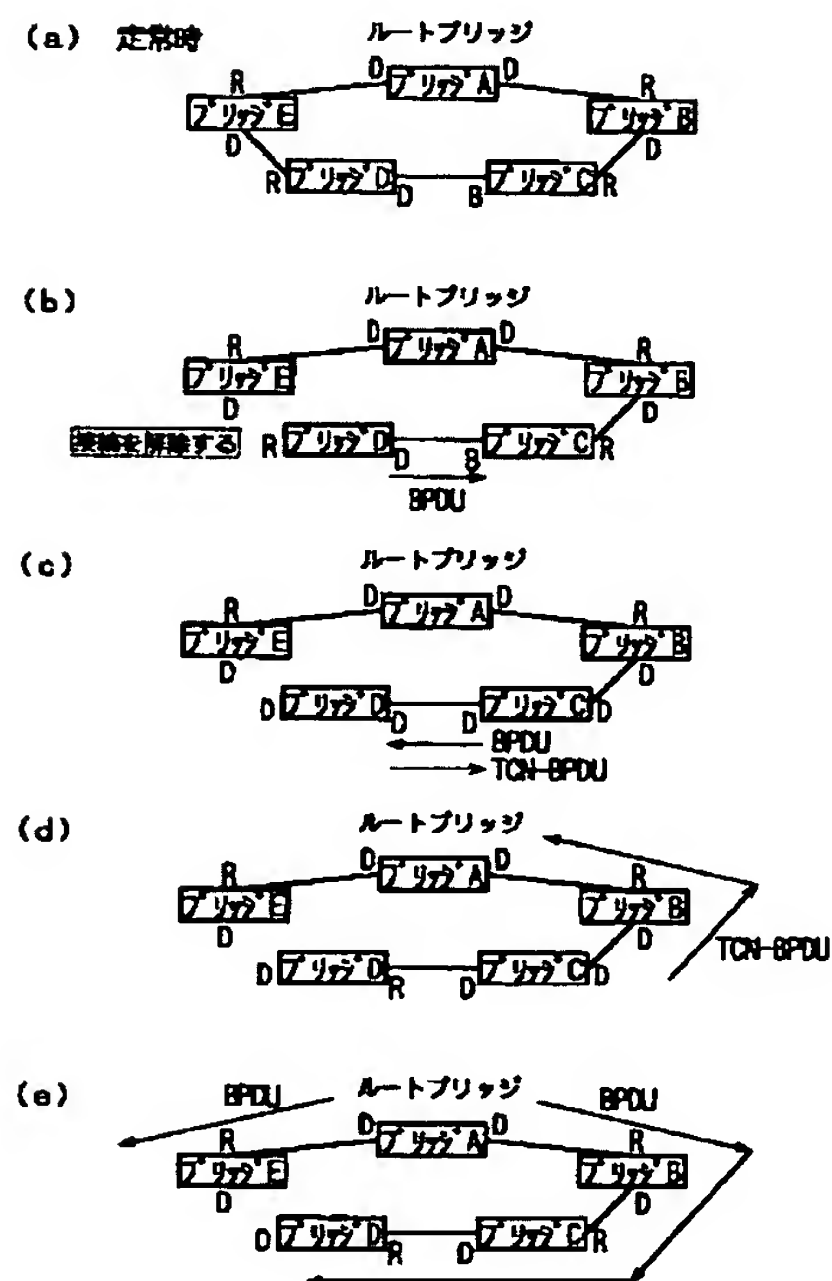
【図2】



【図4】



【図5】



【図8】

